云　南　植　物　研　究　2002，24（3）：370～376
Acta Botanica Yunnanica

五种苏铁属植物的核形态*

田　波，龚　洵**，张启泰
（中国科学院昆明植物研究所，云南 昆明　650204）

摘要：报道了苏铁属（*Cycas* L.）5种植物的染色体数目和核型，除多歧苏铁外，其他种均为首次报道。5个种的体细胞中期染色体核型公式分别为：滇南苏铁 *C. diannanensis* K（2n）= 2x = 22 = 2m + 4sm + 4st + 12T；潭清苏铁 *C. tanqingii* K（2n）= 2x = 22 = 2m + 8sm + 2st + 10T；多歧苏铁 *C. multipinnata* K（2n）= 2x = 22 = 4m + 8sm + 2st + 8T；巴兰萨苏铁 *C. balansae* K（2n）= 2x = 22 = 2m + 4sm + 6st + 10T，石山苏铁 *C. miquelii* K（2n）= 2x = 22 = 2m + 6sm（1SAT）+ 4st + 10T；核型均属于3B型。本研究结果支持苏铁属植物的核型从不对称向对称进化的观点；同时，支持将巴兰萨苏铁和石山苏铁归入攀枝花苏铁组的台湾苏铁亚组的观点。

关键词：苏铁属；染色体数目；核型
中图分类号：Q 944　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**0253－2700(2002)03－0370－07

Karyotypes of Five Species in *Cycas*

TIAN Bo，GONG Xun*，ZHANG Qi-Tai
（*Kunming Institute of Botany*，*Chinese Academy of Sciences*，Kunming 650204，China）

Abstract： In present paper，the chromosome numbers and karyomorphology of five species in *Cycas* L. are reported for the first time except for that of *C. multipinata*. Their karyotypes are formulated followings：*C. diannanensis*：K（2n）= 2x = 22 = 2m + 4sm + 4st + 12T；*C. tanqingii*：K（2n）= 2x = 22 = 2m + 8sm + 2st + 10T；*C. multipinnata*：K（2n）= 2x + 22 = 4m + 8sm + 2st + 8T；*C. balansae*：K（2n）= 2x = 22 = 2m + 4sm + 6st + 10T and *C. miquelii*：K（2n）= 2x = 22 = 2m = 6sm（1SAT）+ 4st + 10T. The karyotypes of the five species belong to Stebbins'3 B type in chromosomal evolution in higher plants. The evolution of karyotypes in *Cycal* L. is from asymmetry to symmetry based on Hizume and Tanaka（1979）. By the asymmetrical rate of karyotype and secandary constriction，*C. balansae* and *C. miquelii* should be put in *Cycas* Sect. *Panzhihuaenses*，Subsect. *Taiwanianosae*.

Key word： *Cycas*；Chromosome numbers；Karyomorphology

苏铁植物是古老孑遗的植物类群，也是现存种子植物中最原始的类群之一。从形态上看，苏铁植物的生殖结构与孢子植物的最接近，在种子植物起源与演化研究上有重要意义；从起源上看，苏铁植物生存繁衍了两亿多年，经历了两亿多年的地球环境变迁，在古

* 基金项目：国家自然科学基金资助项目（30070081）
** 通讯联系人
收稿日期：2001－06－11，2001－10－16接受发表
作者简介：田波（1975－）男，湖南人，在读博士研究生，主要从事珍稀濒危植物的保护研究。

植物区系、古气候、古地理以及濒危植物的保护研究上有重要意义；对苏铁植物适应地球环境变迁机制的研究，有可能为濒危植物的保护提供理论依据。现存的苏铁植物分布于古热带及澳大利亚，中国仅有苏铁属（*Cycas*），约 22 种，分布于福建、广东、台湾、海南、广西、湖南、贵州、四川和云南的热带与亚热带地区（王发祥等，1996）。

苏铁植物是重要的珍稀濒危植物，国际上对此极为重视，被列入《国际濒危野生动植物贸易公约》（CITES）名录。在中国，所有苏铁属植物都被列为国家一级保护植物（国家林业局、农业部，1999）。

近年来，随着苏铁植物研究的广泛进行和深入，在云南东南部地区发现了一些新的类群，如：滇南苏铁、潭清苏铁、多歧苏铁等，这些新的类群在苏铁植物的系统演化、地理分布及苏铁属下系统研究等方面有着重要意义。在对云南苏铁属植物进行保护生物学研究时，在已有的形态分类和地理分布研究的基础上，对一些类群的核形态进行了研究，旨在积累核形态资料，为苏铁植物的系统演化、地理分布、苏铁属下系统研究以及有效保护提供依据。

1　材料和方法

材料来源见表 1。凭证标本存于中国科学院昆明植物研究所植物园，种的鉴定和种的名称依据《中国苏铁》（王发祥等，1996）。取幼嫩根尖用 0.1%的秋水仙素溶液于室温下处理 5 h，在冰水中用卡诺液（无水乙醇∶冰醋酸 = 3∶1）固定 30 min，1 mol/L 盐酸与 45%醋酸（1∶1）混合液在 60℃下水解 6 min ，卡宝品红染色、压片。间期核和前期核染色体的分类按 Tanaka（1971，1977）的标准，核型分析根据李懋学和陈瑞阳（1985）的标准，分析时取 5 个细胞的平均值，核型类型根据 Stebbins（1971）的标准划分，核型不对称系数（As.K%）按 Arano（1963）的计算方法。

表 1　材料来源

Table 1　Origin of the studied species

species	Locality	Alt（m）	Voucher
滇南苏铁 *C. diannanensis*	金平县金产河 Jinchanhe，Jinpin	800	Tian B *et al* 2000 – 01
潭清苏铁 *C. tanqingii*	绿春县小黑江 Xiaoheijiang，Luchun	640	Tian B *et al* 2000 – 02
多歧苏铁 *C. multipinnata*	个旧市蔓耗 Manhao，Gejiu	550	Tian B *et al* 2000 – 04
巴兰萨苏铁 *C. balansae*	河口市南溪 Nanxi，Hekou	700	Tian B *et al* 2000 – 05
石山苏铁 *C. miquelii*	昆明植物园栽培 cultivated in kunming botanical garden		Tian B *et al* 2000 – 06

2　观察结果

所研究的 5 种苏铁属植物的体细胞染色体数均为 2n = 22（图 1，2），与前人报道的苏铁属植物的染色体数目相同（郑芳勤，2001；吴梅等，1999；王发祥等，1996；陈训等，1990；杨涤清等，1985；日诘雅博等，1979；Abraham 等，1962）；该 5 种苏铁属植物均具有相似的有丝分裂间期和前期核类型，间期核染色中心较多，形状不规则，分散于全核，属复杂染色中心型（complex chromocenter type）（图 1：A）；有丝分裂前期异染色质间断分布于染色体的中部、基部和端部，为中间型（interstitial type）（图 1：B）。它们的染色体参数和核型见表 2 和表 3。

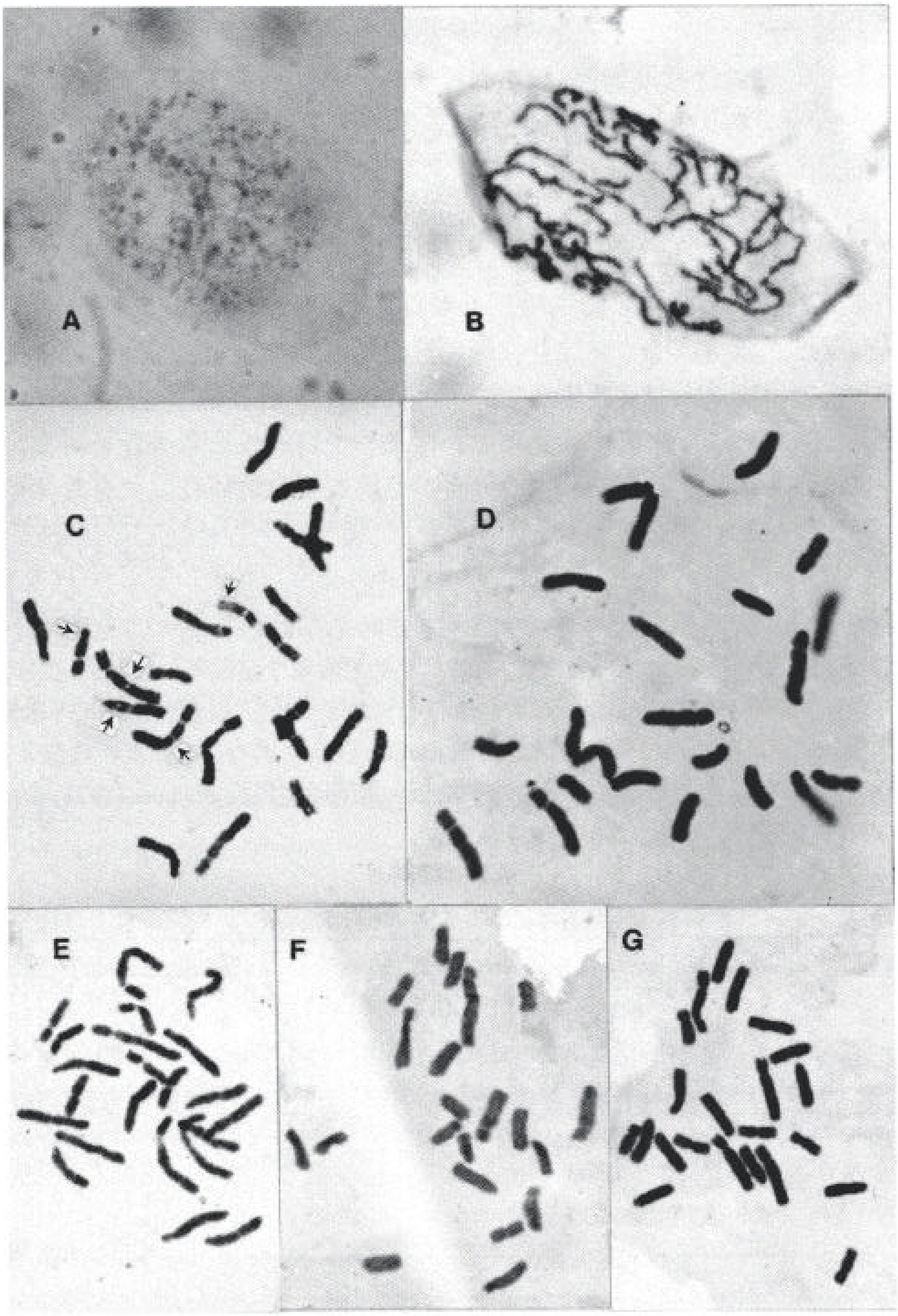

图1 五种苏铁属植物的核形态

A. 间期核形态；B. 分裂前期染色体；C. 多歧苏铁；D. 石山苏铁；E. 巴兰萨苏铁；F. 潭清苏铁；G. 滇南苏铁；"→" 示次缢痕

Fig. 1 Karyomorphology of five species of *Cycas*

A. resting nucleus; B. mitotic prophase chromosomes; C. *C. multipinata*; D. *C. miqueii*; E. *C. balansae*; F. *C. tanqingensis*; G. *C. diannanensis*; "→" show secondary constriction

(1) 滇南苏铁 *C. diannanensis* Z. T. Guan et G. D. Tao 特产云南东南部。核型为 K

（2n**）** = 22 = 2m + 4sm + 4st + 12T**（图** 1**：**G**，图** 2**：**g**），第** 9 **对为** m **染色体，第** 10**、**11 **对为** sm **染色体，第** 1**、**2 **对为** st **染色体，其余为** T **型染色体。染色体组总长度为** 147.73 μm**，染色体长度变化为** 9.32 ~ 4.55 μm**。未观察到次缢痕或随体。该核型为首次报道。**

（2**）　潭清苏铁** *C. tanqingii* D. Y. Wang　**特产云南东南部和越南北部。核型为** K**（**2n**）** = 22 = 2m + 8sm + 2st + 10T**（图** 1**：**F**，图** 2**：**f**），第** 9 **对为** m **染色体，第** 1**、**2**、**10**、**11 **对为** sm **染色体，第** 4 **对为** st **染色体，其余为** T **型染色体，**10**、**11 **对为** sm **染色体。染色体组总长度为** 130.39 μm**，染色体长度变化为** 8.94 ~ 4.09 μm**。未观察到次缢痕或随体。该核型为首次报道。**

表 2　**五种苏铁属植物的染色体参数**

Table 2　The chromosome parameters of five species in *Cycas* L.

	C. diannanensis			*C. tanqingii*			*C. miquelii*			*C. multipinata*			*C. balansae*		
NO.	RL	AR	PC	RL	AR	PC	RL	AR	PC	RL	AR	PC	RL	AR	PC
1	12.57	3.29	st	13.01	2.86	sm	12.56	2.85	sm	12.01	3.37	st	12.78	3.18	st
2	12.47	3.05	st	11.56	2.02	sm	11.72	3.18	st	11.73	2.94	sm	12.68	3.31	st
3	9.94	∞	T	10.98	∞	T	10.94	∞	T	10.55	∞	T	10.27	∞	T
4	9.43	∞	T	9.81	3.74	st	10.30	∞	T	9.94	2.26	sm	9.75	∞	T
5	9.32	∞	T	9.17	∞	T	9.85	∞	T	9.84	∞	T	9.49	∞	T
6	9.12	∞	T	8.70	∞	T	8.79	5.92	sm	9.48	∞	T	9.41	4.07	st
7	8.50	∞	T	8.30	∞	T	8.21	∞	T	8.61	∞	T	8.79	∞	T
8	8.40	∞	T	7.78	∞	T	7.99	1.92	sm	7.82	1.02	m	7.69	∞	T
9	7.02	1.08	m	7.47	1.04	m	7.32	∞	T	6.92	1.05	m	6.71	1.95	sm
10	6.98	2.17	sm	6.83	2.59	sm	6.61	1.10	m	6.90	1.74	sm	6.31	1.02	m
11	6.21	1.95	sm	6.24	2.18	sm	5.56	2.02	sm	6.19	1.84	sm	6.01	1.92	sm

RL：relative lenghth；　AR：arm ratio；　PC：position of centromere；　*：SAT-chromosome

表 3　**五种苏铁属植物的核型比较**

Table 3　A comparison of karyotypes of five species in *Cycas*

Species	Karyotypic formula and chromosome complement basedon their relative length	Ratio of L/S	Arm ratio > 2	Karyotype	As. K%
滇南苏铁 *C. diannanensis*	K (2n) = 22 = 2m + 4sm + 4st + 12T	2.02	0.82	3B	86.38
潭清苏铁 *C. tanqingii*	K (2n) = 22 = 2m + 6sm + 4st + 10T	2.08	0.91	3B	84.33
多歧苏铁 *C. multipinata*	K (2n) = 22 = 4m + 8sm + 2st + 8T	2.07	0.64	3B	77.46
巴兰萨苏铁 *C. balansae*	K (2n) = 22 = 2m + 4sm + 6st + 10T	2.13	0.73	3B	83.72
石山苏铁 *C. miquelii*	K (2n) = 22 = 2m + 6sm (1SAT) + 4st + 10T	2.26	0.73	3B	84.90

（3**）　多歧苏铁** *C. multipinnata* C. J. Chen et S. Y. Yang　**特产云南东南部。核型为** K **（**2n**）** = 22 = 4m + 8sm + 2st + 8T**（图** 1**：**C**，图** 2**：**c**），第** 8**、**9 **对为** m **染色体，第** 2**、**4**、**10**、**11 **对为** sm **染色体，第** 1 **对为** st **染色体，其余为** T **型染色体。染色体组总长度为** 198.03 μm**，染色体的长度变化为** 12.05 ~ 5.83 μm**。第** 2**、**10 **对长臂和第** 4 **对短臂上有次缢痕。未见有随体。**

（4**）　巴兰萨苏铁** *C. balansae* O. Warburg　**特产云南东南部。核型为** K**（**2n**）** = 22 = 2m + 4sm + 6st + 10T**（图** 1**：**E**，图** 2**：**e**），第** 10 **对为** m **染色体，第** 9**、**11 **对为** sm **染色体，第** 1**、**2**、**6 **对为** st **染色体，其余为** T **型染色体。染色体组总长度为** 216.52 μm**，染色体长度变化**

为 14.02 ~ 6.36 μm。未见有次级缢痕或随体。该核型为首次报道。

(5) 石山苏铁 *C. miquelii* O. Warburg 分布于广西。核型为 K（2n）= 22 = 2m + 6sm（1SAT）+ 4st + 10T（图 1：D，图 2：d），第 10 对为 m 染色体，第 1、8、11 对为 sm 染色体，第 2、6 对为 st 染色体，其余为 T 型染色体。染色体组总长度为 180.68 μm，染色体长度变化为 11.52 ~ 4.92 μm。第 1 条染色体短臂上有一随体，为 SAT 染色体。该核型为首次报道。

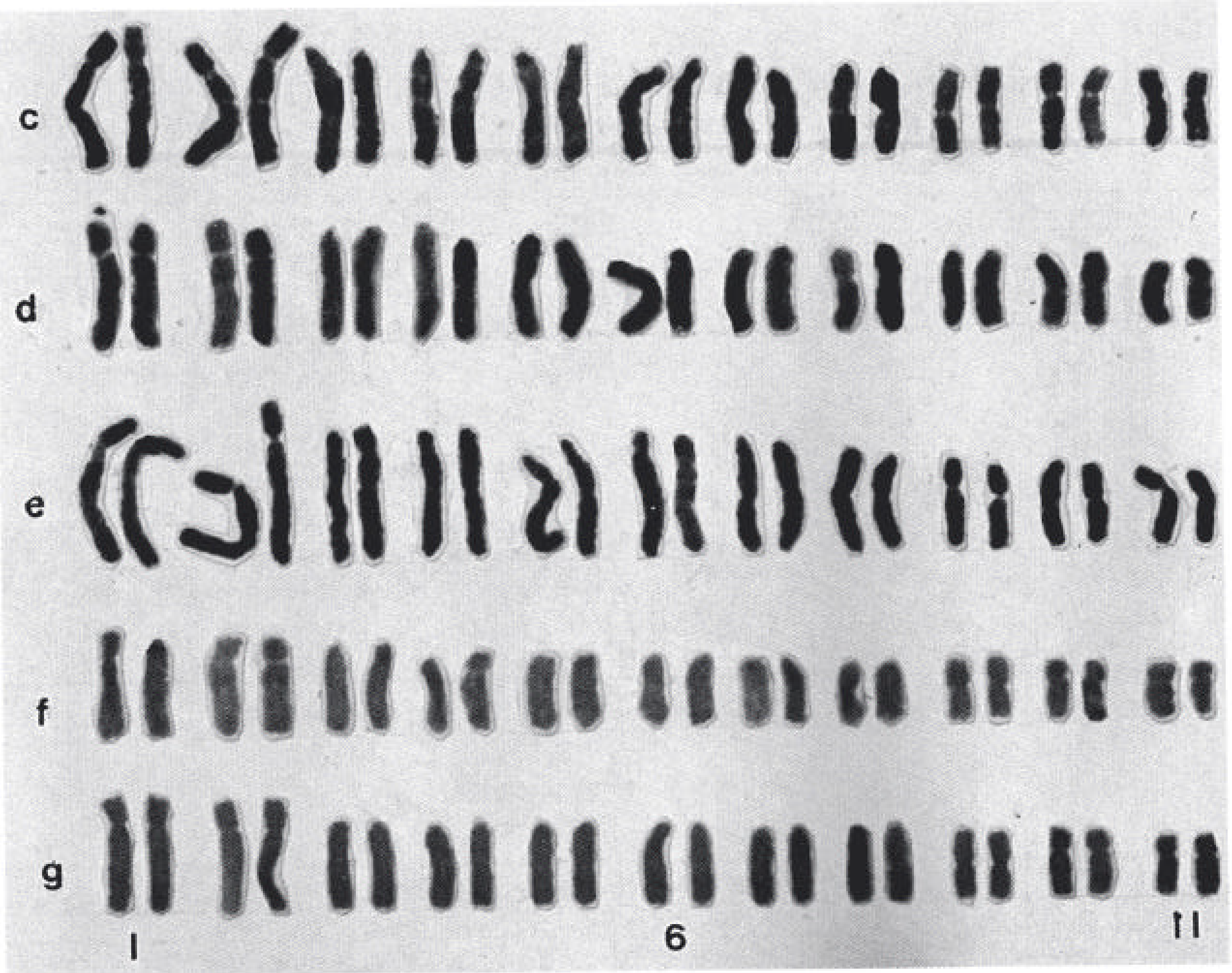

图 2 五种苏铁属植物的核形态

c. 多歧苏铁；d. 石山苏铁；e. 巴兰萨苏铁；f. 潭清苏铁；g. 滇南苏铁

Fig. 2 The karyogram of five species of *Cycas*

c. *C. multipinata*; d. *C. miqueii*; e. *C. balansae*; f. *C. tanqingensis*; g. *C. diannanensis*

3 讨论

（1）5 种苏铁属植物的染色体数目均为 2n = 22，与已报道的苏铁属植物的染色体数目相同，核型都由 m，sm，st 和 T 等 4 种染色体构成，核型不对称类型均属 Stebbnis 的 3B 型，均具有相似的间期核和前期核类型。这反映出了苏铁属植物核型的一致性，表明苏铁属是一个自然的类群。但是，由于各类型染色体（m，sm，st 和 T）的数目和在核型中的位置不同，5 个种的核型存在一定的差异；且其不对称系数也存在差异，表明种间的核型有了一定的分化，尤其是在多歧苏铁与其它 4 个种之间。

（2）Khoshoo（1969）认为苏铁属植物的核型是从对称向不对称进化，而日詰雅博等（1979）和王发祥等（1996）却认为苏铁类植物的核型是从不对称到对称演化的。多歧苏铁被认为是苏铁属中最进化的类群，其主要依据是多歧苏铁茎干矮小，叶通常只有 1 片，且很长（管中天等，1996）。日詰（1979）等认为次缢痕较少是裸子植物中较原始的特征。本文的研究结果表明，多歧苏铁具有较多的次缢痕，由此进一步说明多歧苏铁是苏铁属中较进化的类群；多歧苏铁的核型不对称系数为 77.46，较其它种类的小；且 T 型染色体相对较少，只有 8 条，而其它种均有 10 或 12 条；m 型染色体较多，有 4 条；由此可见，多歧苏铁的核型较其它种对称。所以，本文的研究结果支持日詰雅博和王发祥等人的观点，即苏铁属植物的核型是从不对称向对称进化的。

（3）郑芳勤（2001）报道多歧苏铁的核型为 $2n = 22 = 4m + 4sm + 2st + 12T$，与本研究中的多歧苏铁 $2n = 22 = 4m + 8sm + 2st + 8T$ 有一定的差异。但郑芳勤的文中仅有核型公式，既无染色体参数又无照片可供参考。

（4）在管中天等（1996）和王发祥等（1996）对中国苏铁属植物进行系统研究之前，由于中国苏铁属植物种类较少，约 10 种，因此，没有人对中国苏铁属植物的属下系统进行过研究。近年来，一些新种不断被发现，中国苏铁属植物增加到 26 种（含栽培种）（王发祥等，1996）。管中天等（1996）和王发祥等（1996）分别建立了属下分类系统，这两个属下系统的不同之处仅在巴兰萨苏铁和石山苏铁的归组上。在管中天等人的分类系统中，巴兰萨苏铁和石山苏铁被放在叶分叉的叉叶苏铁组（Section Stangeroides）；而王发祥等人根据叶不分叉的特征将巴兰萨苏铁和石山苏铁归在攀枝花苏铁组（Sect. *Panzhihuaenses*）的台湾苏铁亚组（Subsect. *Taiwanianosae*）。核型分析的结果表明，巴兰萨苏铁和石山苏铁的核型与台湾苏铁亚组的的核型较接近，而与叉叶苏铁组的多歧苏铁的核型存在较大的差异，尤其表现在核型不对称系数和次缢痕上。巴兰萨苏铁、石山苏铁、滇南苏铁和潭清苏铁的核型不对称系数分别为 83.72，84.90，86.38 和 84.33，均未见有次缢痕；而多歧苏铁的核型不对称系数为 77.46，在第 2，10 对长臂和第 4 对短臂上有次缢痕。由此可见，本文的研究结果支持王发祥等人将巴兰萨苏铁和石山苏铁归入攀枝花苏铁组（Section *Indosinenses*）的台湾苏铁亚组（Subsect. *Taiwanianosae*）的观点。

致谢　本文承蒙顾志建研究员审阅并提出宝贵的修改意见。

〔参　考　文　献〕

王发祥，梁惠波主编，1996. 中国苏铁［M］. 广州：广东科技出版社

郑万钧，1978 . 中国植物志第 7 卷［M］. 北京：科学出版社，4—17

国家林业局、农业部，1999. 国家重点保护野生植物名录（第 1 批）［M］

管中天，周林，1996. 中国苏铁植物［M］. 成都：四川科学技术出版社，18—19

日詰雅博，田中隆庄（Hizume & Tanaka），1979. 裸子植物の染色体［J］. 遺伝，**33**（6）：31—37

Abraham A，Mathew PM，1962. Cytological studies in the Cycads：Sex chromosomes in *Cycas* L［J］. *Annals of Botany*，**26**（102）：61—66

Chen X（陈 训），Wu HM（巫华美），1990. Karyotype analysis of *Cycas guizhouensis*［J］. **7**（8）：45—48

Li MX (李懋学), Chen RY (陈瑞阳), 1985. A suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), **3** (4): 297—302

Khoshoo TN, 1969. Chromosome Evolution in *Cycas*. Darlington CD, Lewis KR ed, Chrosomes Today [M]. New York: Plenum Press, 23—240

Li LC (李林初), 1986. Kytological investigation of *Taiwania flousiana* Gaussen [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), **24** (5): 376—381

Stebbins GL, 1971. Chromosomal Evolution in Higher Plants [M]. London: Edard Arnold, 85—104

Tanaka R, 1977. Recent karyotype studies. In: Ogawa K *et al*. (eds), Plant Cytology [M]. Tokyo: Asakura Shoten, (in japanese). 293—326

Wu M (吴梅), Huang XX (黄向旭), 1999. Karyotype analysis of *Cycas changjiangensis* [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), **7** (3): 207—209

Yang DQ (杨涤清), Zhu XF (朱燮桴), 1985. Karyotype analysis of *Cycas panzhihuaensis* [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), **23** (5): 352—354

Zheng FQ (郑芳勤), 2001. Stangerioides, the most advanced species of *Cycas* [J]. *Chinese Bulletin of Botany* (植物学通报), **18** (2): 246—250